

Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA
Engenharia Eletrônica

**Desenvolvimento de um Instrumento Eletrônico
Fototerápico LED'S de Comprimento de Onda
Amarelo para a Neoformação Tecidual em
Feridas de Diabéticos**

Autores: Luiz Fernando Silva Santos
Mayara Barbosa dos Santos

Orientador: Suélia Siqueira Rodrigues Fleury Rosa

Brasília, DF
2018



Luiz Fernando Silva Santos
Mayara Barbosa dos Santos

**Desenvolvimento de um Instrumento Eletrônico
Fototerápico LED'S de Comprimento de Onda Amarelo
para a Neoformação Tecidual em Feridas de Diabéticos**

Monografia submetida ao curso de graduação
em Engenharia Eletrônica Engenharia Ele-
trônica da Universidade de Brasília, como re-
quisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Eletrônica.

Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Prof.^a Suélia Siqueira Rodrigues Fleury Rosa

Coorientador: Eng.^o Diogo de Oliveira Costa

Brasília, DF

2018

Luiz Fernando Silva Santos
Mayara Barbosa dos Santos

Desenvolvimento de um Istrumento Eletrônico Fototerápico LED'S de Comprimento de Onda Amarelo para a Neoformação Tecidual em Feridas de Diabéticos/
Luiz Fernando Silva Santos

Mayara Barbosa dos Santos. – Brasília, DF, 2018-

47 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof.^a Suélia Siqueira Rodrigues Fleury Rosa

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA , 2018.

1. Pé diabético.. 2. Neoformação tecidual.. I. Prof.^a Suélia Siqueira Rodrigues Fleury Rosa. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Desenvolvimento de um Istrumento Eletrônico Fototerápico LED'S de Comprimento de Onda Amarelo para a Neoformação Tecidual em Feridas de Diabéticos

CDU 02:141:005.6

Luiz Fernando Silva Santos
Mayara Barbosa dos Santos

Desenvolvimento de um Instrumento Eletrônico Fototerápico LED'S de Comprimento de Onda Amarelo para a Neoformação Tecidual em Feridas de Diabéticos

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Eletrônica Engenharia Eletrônica da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Eletrônica.

Trabalho aprovado. Brasília, DF, 01 de junho de 2018 – Data da aprovação do trabalho:

Prof.^a Suélia Siqueira Rodrigues

Fleury Rosa

Súelia Siqueira Rodrigues Fleury Rosa

Titulação e Nome do Professor

Convidado 01

Convidado 1

Titulação e Nome do Professor

Convidado 02

Convidado 2

Brasília, DF

2018

**A dedicatória é opcional. Caso não deseje uma, deixar todo este arquivo em
branco.**

*Este trabalho é dedicado às crianças adultas que,
quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas.*

Agradecimentos

A inclusão desta seção de agradecimentos é opcional, portanto, sua inclusão fica a critério do(s) autor(es), que caso deseje(em) fazê-lo deverá(ão) utilizar este espaço, seguindo a formatação de *espaço simples e fonte padrão do texto (sem negritos, aspas ou itálico)*.

Caso não deseje utilizar os agradecimentos, deixar toda este arquivo em branco.

A epígrafe é opcional. Caso não deseje uma, deixe todo este arquivo em
branco.

*“Não vos amoldeis às estruturas deste mundo,
mas transformai-vos pela renovação da mente,
a fim de distinguir qual é a vontade de Deus:
o que é bom, o que Lhe é agradável, o que é perfeito.
(Bíblia Sagrada, Romanos 12, 2)*

Resumo

Pacientes acometidos por Diabetes Mellitus apresentam dificuldade na cicatrização de feridas, devido à elevação da glicemia que prejudica o fluxo sanguíneo causando irregularidades na neoformação tecidual. Quando nos pés, estas lesões podem causar inaptidão física, deformação e nos casos mais sérios, amputação. Com o intuito de melhorar a qualidade de vida desses pacientes, este trabalho tem como propósito elaborar um dispositivo que contribua para acelerar o processo de neoformação tecidual usando a fototerapia com Diodo Emissor de Luz (LED). O estudo da aplicação de luz, em diferentes comprimentos de onda, vem ganhando força e se mostrando bastante eficiente na formação de células capazes de reconstruir o tecido epitelial. Neste trabalho será realizada a análise da resposta ao tratamento da fototerapia com o uso de LED's da cor amarela na neoformação tecidual. O instrumento consistirá em um microcontrolador e um circuito integrado cuja função é o acionamento dos LED's e do tempo de aplicação na ferida. Será analisado o comportamento na área da lesão e também na circunferência em volta da mesma. Para a obtenção desta análise será realizado simulações .

Palavras-chaves: Pé diabético, Neoformação tecidual, Fototerapia, LED.

Abstract

Patients affected by Diabetes Mellitus presents difficulties in wound healing, due to the elevation of blood glucose levels that impairs blood flow causing irregularities in tissue neoformation. When on the feet, these injuries can cause physical unfitness, deformation and in more serious cases, amputation. In order to improve the quality of life of these patients, this work aims to develop a device that will contribute to accelerate the process of tissue neoformation using light emitting diode (LED) light therapy. The study of the application of light, at different wavelengths, has been gaining strength and being quite efficient in the formation of cells capable of reconstructing the epithelial tissue. In this work the analysis of the response to the treatment of phototherapy with the use of LED's of the yellow color in the tissue neoformation will be performed. The instrument will consist of a micro controller and an integrated circuit whose function is the activation of the LED's and the time of application to the wound. The behavior in the lesion area and also the circumference around the lesion will be analyzed. In order to obtain this analysis, in vitro tests using animal tissue will be carried out.

Key-words: *Diabetic Foot, Tissue Neoformation, Phototherapy, LED.*

Lista de ilustrações

Figura 1 – Diagramas de blocos do dispositivo.	31
Figura 2 – Esquema de IO's <i>sinking e sourcing</i>	33
Figura 3 – Esquemático no proteus ISIS	34
Figura 4 – <i>Layout</i> no proteus ARES.	35
Figura 5 – Modelagem 3D da placa	35

Lista de tabelas

Tabela 1 – Espectro Luminoso.	29
Tabela 2 – Componentes Utilizados	36

Lista de abreviaturas e siglas

OPAS	Organização PanAmericana da Saúde
OMS	Organização Mundial da Saúde
DM	Diabetes mellitus
LED	Diodo Emissor de Luz
IO	Entrada e saída
IDE	Ambiente de desenvolvimento integrado

Sumário

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	Aspectos Gerais	23
1.2	Objetivo	24
1.3	Objetivo específico	25
1.4	Histórico dos estudos	25
2	REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1	Feridas Causadas Pela Diabetes Mellitus	27
2.2	Fototerapia com LED's	28
2.2.1	Avanços da tecnologia para diferentes comprimentos de ondas	29
2.3	Benefícios do Tratamento	30
2.4	Especificações da equipamento eletrônico	30
3	MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1	Desenvolvimento do Equipamento	31
3.2	Circuito Impresso (CI)	32
3.3	Software de modelagem	32
3.4	Montagem do Circuito	33
3.5	Confecção da Placa de Circuito Impresso	36
4	RESULTADOS	37
4.1	Modelagem Experimental	37
4.1.1	Testes em Laboratório	37
5	CONSIDERAÇÕES	39
	REFERÊNCIAS	41
	ANEXOS	43
	ANEXO A – PRIMEIRO ANEXO	45
	ANEXO B – SEGUNDO ANEXO	47

1 Introdução

1.1 Aspectos Gerais

Uma pesquisa apresentada pela Organização Pan-americana da Saúde/ Organização Mundial da Saúde (OPAS/OMS), publicada em 2016, mostrou-se o avanço mundial da diabetes nos últimos 24 anos. O estudo estima que até o ano de 2014 cerca de 8,5% da população é acometido por esta doença.

O Diabetes Mellitus (DM) é um problema crônico mundial causado por motivos derivados da elevação do nível de concentração de açúcar no sangue que cresce cada vez mais impossibilitando o paciente de ter uma vida sem complicações por causa da doença. Com os diversos problemas decorrentes do DM uma delas são as úlceras em pés de diabéticos. Úlceras são lesões superficiais que atingem o tecido humano, podendo variar seu tamanho e profundidade, comumente chamadas de feridas. Elas são causadas pela neuropatia diabética que refere-se às feridas que acometem os pés do indivíduo portador da síndrome decorrentes da deficiência de irrigação sanguínea do membro, essa dificuldade de levar sangue às partes mais extremas do corpo dificulta o processo de cicatrização das feridas, tornando até as menores úlceras um grande risco a integridade física do paciente. Sem a cicatrização adequada, essas lesões não se fecham sendo assim umas das consequências mais devastadoras ocasionando em muitos casos a amputação do membro afetado, e portanto a perda da qualidade de vida desses pacientes. . (PADILHA et al., 2017).

Segundo (COLOPLAST,),

As taxas de recorrência das úlceras diabéticas são de 70% em um período de cinco anos, até 85% de todas as amputações em diabéticos são precedidas por uma úlcera no pé, diabéticos com uma amputação de membro inferior correm 50% de risco de desenvolver uma lesão séria no outro membro dentro de um período de dois anos e os diabéticos possuem uma taxa de mortalidade de 50% nos cinco anos seguintes à amputação inicial.

Tendo em vista estas diversas complicações que o DM acarreta para o paciente, o cuidado e a prevenção são fatores importantes para não terem consequências mais devastadoras, mas observa-se a necessidade de soluções mais eficientes que auxiliem na efetiva cura da ferida, além do custo elevado do tratamento dessas lesões que é um dos fatores que motivam a busca por soluções alternativas para esse processo. (MOURA et al., 2015)

A fototerapia, método da terapêutica que utiliza a ação da luz, natural ou artificial, se insere nesse contexto como uma opção de baixo custo, quando comparada com os

curativos tradicionais, para o tratamento de úlceras em pés diabéticos. Para (MINATEL et al., 2009), "a fototerapia por luzes coerentes (lasers) e não coerentes (LEDs) destaca-se como método bioestimulador para o reparo tecidual, que aumenta a circulação local, proliferação celular e síntese de colágeno", além de um aumento da síntese de matriz extracelular e ação anti-inflamatória (MACEDO, 2016).

No tratamento efetuado com diodos emissores de luz (LED), utiliza-se comprimentos de onda que variam de 405nm (cor azul) a 940nm (infravermelho) (MEYER et al., 2010). Foi realizado um teste com fototerapia utilizando LED vermelho (620-630nm). Nesse teste ratos foram submetidos ao tratamento e após avaliação das lesões ao final do tratamento concluiu-se que houve deposição de colágeno, substância de extrema importância no processo cicatricial e efeitos anti-inflamatórios. (REIS, 2014). Nesse estudo foi comprovado que a irradiação luminosa atuou na aceleração do processo cicatricial e na reepitelização da área ferida.

Em geral são utilizados Diodos Emissores de Luz (LED) com comprimentos de onda que variam 405nm (cor azul) a 940nm (infravermelho) (MEYER et al., 2010). Em 2010, foi realizado um estudo com fototerapia utilizando o feixe vermelho do espectro luminoso (620-630nm). Durante o mesmo, ratos foram submetidos a tratamento. Concluído o tratamento verificou-se que houve deposição de colágeno, substância de extrema importância no processo cicatricial, e efeitos anti-inflamatórios (REIS, 2014).

Em consonância com o estudo de 2010, uma pesquisa realizada em 2013 aponta a terapia luminosa com LED's como forma eficaz de tratamento de feridas (REIS, 2014). Foi comprovado que a irradiação luminosa atuou na aceleração do processo cicatricial e na reepitelização da área ferida com eficiência.

A escolha da cor amarela veio em função dos estudos encontrados não priorizarem essa cor para a realização de testes e a verificação de seus benefícios quando se trata de neoformação tecidual. Os estudos anteriores se baseiam principalmente na cor vermelha e em nosso estudo veremos quais são as vantagens de se utilizar também a cor amarela na fototerapia. Além do incentivo em melhorar a qualidade de vida das pessoas acometidas pela DM que em muitos casos pode ser devastadora na vida de quem a tem.

1.2 Objetivo

O objetivo do presente trabalho consiste em investigar o comportamento do LED amarelo para a neoformação tecidual em pacientes com quadro clínico diabético.

Esta pesquisa objetiva abranger as diversas peculiaridades do espectro amarelo como, por exemplo, análise do comprimento de onda, a densidade de potência (W/cm^2), a densidade de energia (J/cm^2), como também o que o espectro amarelo pode trazer de

benefícios comparado com outras cores do espectro.

O tratamento dar-se-á por meio de um instrumento eletrônico que utiliza fototerapia através de LED, com espectro na cor amarela, como metodologia de tratamento das úlceras visando uma aplicação real no mercado em pacientes com esse tipo de enfermidade. O dispositivo deverá apresentar baixo consumo de energia, baixo custo de elaboração e utilização intuitiva aos usuários.

1.3 Objetivo específico

- Avaliar unidades e características de energia (Intensidade, Joules gerados, entre outros) do comprimento de onda amarelo;
- Testes de radiação do instrumento;
- Análise dos resultados.

1.4 Histórico dos estudos

O Laboratório de Engenharia Biomédica (LaB), localizado na Faculdade UnB Gama vem produzindo conteúdos satisfatórios em relação aos tratamentos com foco em neoformação tecidual utilizando a fototerapia LED. Diversas publicações nos últimos anos, mais alunos se inserindo nesse âmbito de estudo e os incentivos que esse laboratório proporciona foram os principais pontos de partida para começarmos estudos voltados à fototerapia, exemplos desses estudos, que já possuem um respaldo na UnB são os projetos RAPHA e LAZARUS, ambos coordenados pela professora de Engenharia Eletrônica da Universidade de Brasília Suélia Rodrigues Fleury Rosa, que também é pós-doutora em Engenharia Biomédica pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT/EUA).

O grupo de pesquisa tem vários projetos como o Sofia que tem o objetivo de produzir um equipamento de ablação hepática para tratar pacientes com câncer no fígado, o Vera que é um software que permite a assistência técnica para diagnosticar problemas remotamente e Rapha que é um projeto que permite a neoformação tecidual utilizando látex que é um biomaterial e LEDs. Além de outras pesquisas como o SMARTCANE, A MULETA INTELIGENTE; Re-estruturação de um dispositivo para UTI neonatal e Home Care - Neo-CPAP; Sistema de aquisição de sinais de temperatura e vibração em cirurgia de acesso ao nervo facial; Prótese de pé ativa para reabilitação e assistência a locomoção humana; Desenvolvimento de uma palmilha para pé diabético derivada de látex natural com controle de pressão plantar e com indução de neoformação tecidual; Pressão Positiva Contínua nas vias áreas em recém-nascidos.

A escolha da cor amarela veio em função dos estudos encontrados não priorizarem essa cor para a realização de testes e a verificação de seus benefícios quando se trata de neoformação tecidual. Os estudos anteriores se baseiam principalmente na cor vermelha e em nosso estudo veremos quais são as vantagens de se utilizar também a cor amarela na fototerapia. Além do incentivo em melhorar a qualidade de vida das pessoas acometidas pela DM que em muitos casos pode ser devastadora na vida de quem a tem.

2 Referencial Teórico

2.1 Feridas Causadas Pela Diabetes Mellitus

colocar texto que esta dando erro

acrescentar figura 1

Como pode ser visto na Figura 1, a Epiderme é camada mais externa da pele, a derme se encontra entre a Epiderme e a Hipoderme e por fim temos a camada mais interna cercada por gordura que chamamos de Hipoderme. Destrinchando um pouco mais sobre cada camada, a Epiderme é dividida em 2 camadas, uma mais superficial, que fica exposta, e uma mais interna que fica em constante contato com a Derme. Contato esse importante para o transporte de nutrientes da Derme para a Epiderme, já que a camada mais externa da pele não possui vascularização, sendo assim o único meio de receber nutrientes do corpo. A Derme por sua vez é bastante vascularizada e é nela que encontramos todos os apêndices importantes na formação da pele humana, como pelos, músculos, nervos, glândulas, com exceção da unha. Sendo responsável por 70% da composição da Derme, as fibras colágenas dão rigidez e força para essa camada. Por fim, mas não menos importante temos a Hipoderme, composta por gordura ela também é regada por vasos sanguíneos e nervos, a sua principal função é evitar a perda de calor e ainda protege contra traumas (BARBOSA, 2011).

Segundo orientações do Hospital das Clínicas de Porto Alegre - RS sobre Avaliação e tratamento de feridas. Lesões ulcerativas podem acontecer devido a traumatismos ou por doenças que impedem o suprimento sanguíneo adequado, o caso da DM. Podem ser elas, agudas, quando a cicatrização ocorre dentro do período imaginado e sem apresentar preocupações, como podem ser crônicas. Úlceras que não cicatrizam no tempo esperado gerando uma demora no processo de cicatrização são consideradas feridas crônicas. Essas lesões acometidas nos pés, quando não devidamente tratadas, chegando a ficar crônicas, trazem um prejuízo imediato ao paciente, impossibilitando-o, em alguns casos, de caminhar, fazer exercícios. O tratamento rápido e adequado dessas úlceras podem prevenir que elas se tornem crônicas, podendo evitar uma amputação e até mesmo a vida desses pacientes.

De modo mais científico as úlceras são descontinuações, ruptura, interrupção da plenitude dos tecidos no corpo, e, portanto pode ser considerada quanto a sua etiologia em agudas ou crônicas. A úlcera aguda ocorre no momento em que há a ruptura da vascularização e logo em seguida a hemostasia. A úlcera crônica acontece quando existe o descaminho do processo cicatricial fisiológico. Nas lesões crônicas ressalta-se as causadas

por pressão, de perna e o pé diabético, feridas essas que demora muito tempo para a cicatrização (CHIBANTE; FÁTIMA; THAYANE, 2015).

As lesões em membros inferiores podem ser desde rupturas na superfície cutânea até regiões mais profundas do membro. Cerca de um milhão de pacientes com DM amputa alguma parte da perna devido ao surgimento crescente dessas úlceras (MILECH et al., 2016)

Para se obter a cicatrização da ferida há três etapas: inflamatória, proliferativa e remodeladora. Na parte inflamatória é o processo de hemostasia formando coágulo e fibrina e a migração de leucócitos fagocitários para retirar as substâncias alheias da pele. A parte de proliferativa acontece a formação de fibroblastos, endotélio e queratinócitos sendo responsáveis pela estrutura e composição. A terceira parte é desenvolvido o colágeno responsável pela resistência da lesão. (ISAAC et al., 2010).

Por ser uma doença crônica um dos problemas causados pela DM é a perda excessiva da qualidade de vida de quem a possui, além de ser uma doença muito onerosa para o paciente, a família e o sistema de saúde. Muitos paciente deixam de fazer suas atividades cotidianas como trabalhar devido aos problemas e dores causados pela DM (MILECH et al., 2016).

2.2 Fototerapia com LED's

A fototerapia é usada no tratamento de vários tipos de dermatoses, observaram-se bons resultados desde o período da primeira guerra mundial entre 1914 e 1918, período em que se iniciou o tratamento de feridas com o uso de fototerapia e luz solar (DUARTE; BUENSE; KOBATA, 2006). Na atualidade, devido aos avanços da tecnologia dos semicondutores, estuda-se a fototerapia com o uso dos LED's.

Segundo (MACEDO, 2016) A luz monocromática emitida pela fototerapia tanto por lasers, LEDs ou SLDs é uma radiação eletromagnética gerada por estimulação do meio ativo que emite fótons com comprimentos de onda, potência e dosagem específica, os quais serão absorvidos essencialmente por moléculas fotossensíveis chamadas de cromóforos.

A partir de estudos da luz na física, ela pode ser tanto refletida, absorvida ou refratada. Quando bate na pele, alguns fótons são refletidos, e outros são absorvidos mas somente os fótons que permanecem na pele, aqueles que não foram refletidos, têm capacidade de atuar na cicatrização da ferida.

A fototerapia laser já existe a anos, seus efeitos terapêuticos vêm sendo estudados a fim de fornecer uma melhor qualidade de vida à pacientes acometidos por feridas crônicas. Mas de um tempo pra cá viu-se que com resultados satisfatórios e com um custo muito menor o LED vem despertando interesse também e sendo utilizado na fototerapia para

Tabela 1 – Espectro Luminoso.

Material	Comprimento de onda (nm)	Frequência (10^{12} Hz)
Vermelho	780 - 622	384 - 482
Laranja	622 - 597	482 - 503
Amarelo	597 - 577	503 - 520
Verde	577 - 492	520 - 610
Azul	492 - 455	610 - 659
Violeta	455 - 390	659 - 769

redução e cicatrização de feridas, principalmente causadas pela DM (MACEDO, 2016).

A fototerapia com LEDs vem se tornando cada vez mais promissora devido a suas vantagens de aceleração, cicatrização das lesões em pé diabéticos, auxílio na síntese de proteínas, produção de colágeno, elastina, angiogênese e proliferação de fibroblastos em um curto espaço de tempo possível. A atuação da luz no tecido dependerá da absorção e generalização que cada comprimento de onda associado a frequência, densidade de energia e intensidade que a pele irá receber. (GUEDES, Juliana Santos et al, 2016). Além da fotoestimulação agir contra micróbios e ser um agente anti-inflamatório que são fatores relacionados com cada tipo de comprimento de onda e também uma fonte de baixo custo em relação a outros tipos de fotoestimulação.

2.2.1 Avanços da tecnologia para diferentes comprimentos de ondas

Tratando-se de LED's, há vários comprimentos de ondas das quais derivam benefícios específicos em função da especificidade da relação entre frequência e comprimento de onda.

Para incidência na pele de comprimento de onda vermelha (780nm e 622nm), é apresentado um desempenho cicatrizante, anti-inflamatório, além de ajudar na regeneração das células para a cicatrização. O espectro azul (492nm e 455nm) tem ação bactericida e rejuvenescente (MOREIRA et al.,2009).

O espectro luminoso visível está descrito na Tabela.(1) como forma de ratificar os dados apresentados.

De acordo com testes feitos por (MOREIRA et al.,2009) com propostas semelhantes as deste projeto, não foram feitos testes com pacientes que possuíam quadro de DM, mas sim com pacientes lesionados que apresentavam quadros distintos dos aqui estudados. A fim de obter-se uma evolução na cura dessas feridas, utilizou-se a luz vermelha e luz azul com arranjos de 30 LED's e obtiveram-se resultados satisfatórios. Ao utilizar o espectro de luz vermelha houve o acréscimo da vascularização e pigmentação do tecido e, portanto, a cicatrização da pele do paciente com a lesão.

2.3 Benefícios do Tratamento

O LED é um dos componentes mais acessíveis do mercado, tornando este tipo de fototerapia um recurso de baixo custo, não invasivo, sem riscos para a pessoa que o utiliza. O LED permite estimular a cicatrização em seus vários processos biológicos nos quais uma ferida necessitar para a sua reestruturação tecidual, sem haver danos para as regiões não afetadas em voltas à ferida.

A aplicação com LED depende das características da ferida, da cor da pele e do quadro clínico do paciente. Pacientes com níveis mais altos de glicose no sistema hemolítico tendem a apresentar maiores dificuldades para a formação de tecido dérmico durante o processo de cicatrização, outro fator crítico é a área da região a ser reparada.

Sendo assim a combinação destes fatores resultam em tratamentos diários que demandam um tempo de exposição fototerápico diário entre 15 e 30 minutos, este período, específico de cada paciente, não pode ser interrompido, pois a estimulação das células do tecido precisa de um tempo contínuo para ativar seus processos biológicos necessários à formação da pele. A pausa no tratamento durante o período de exposição luminosa prejudica toda a sessão, pois as células dérmicas não possuem “efeito de memória”, sendo assim necessário então reestimula-las novamente pelo período correto para que o tratamento seja efetivo (MOREIRA et al.,2009).

2.4 Especificações da equipamento eletrônico

Para que haja uma neoformação tecidual nos pés, de pacientes diabéticos, é proposto um dispositivo eletrônico utilizando uma matriz de LED's que será posicionado no local da ferida. Assim, foi-se necessário à utilização de alguns requisitos para definir o processo de utilização do aparelho a fim de possibilitar a cicatrização em período inferior ao naturalmente demandado pela ferida em razão da enfermidade.

Para atender ao requisito de tempo das sessões de tratamento, o tempo das sessões poderá ser ajustado através de botões, durante o tempo de tratamento o tempo decorrido será mostrado no display que também mostrará a porcentagem de carga da bateria.

Após o término do tratamento, com o tempo que foi ajustado pelo usuário, a emissão de um sinal sonoro indicará a finalização, retornando para o estado em que o usuário poderá inicializar outro tratamento.

3 Materiais e métodos

O Capítulo 2, será realizado uma fundamentação das bases do projeto, apresentando para isso a teoria necessária para o embasamento do trabalho desenvolvido neste projeto. No Capítulo 3 é proposto o acompanhamento dos materiais utilizados bem como os recursos e funcionamento do dispositivo. No Capítulo 4 tem-se uma junção dos dados observados, salientando os objetivos propostos e relacionando-os com as características de projeto realizando testes laboratoriais. Na figura 1 tem-se o diagrama de blocos do dispositivo proposto.

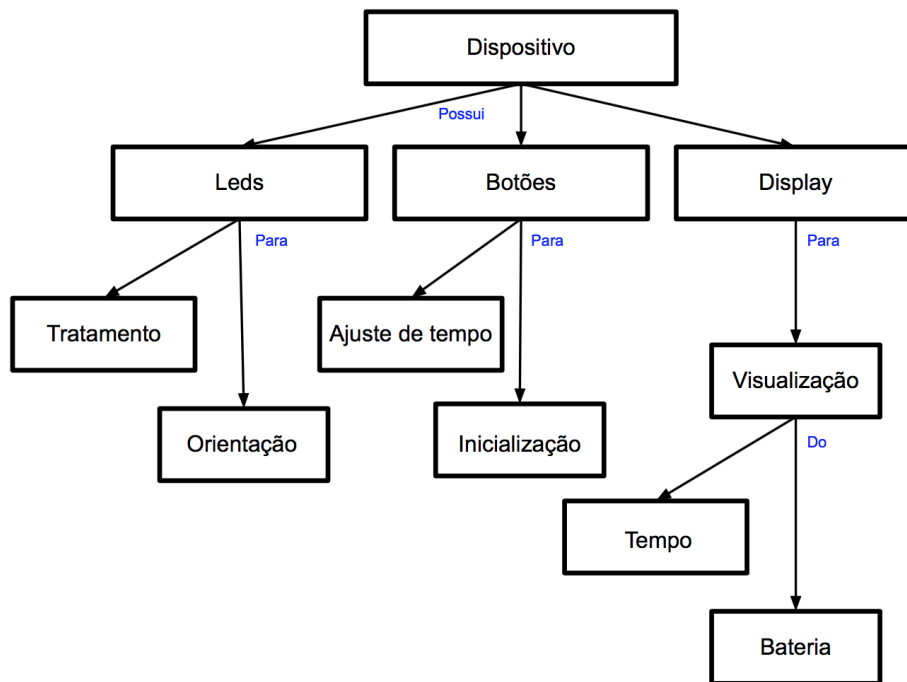


Figura 1 – Diagramas de blocos do dispositivo.

3.1 Desenvolvimento do Equipamento

O dispositivo proposto nesse projeto é composto por uma matriz de LED's e os resistores necessários para seu funcionamento. Além disso, a parte responsável pelo controle dos LED's tem como componente principal o microcontrolador MSP430.

Ao ligar o dispositivo o usuário seleciona através de botões o tempo em que os LED's devem permanecer acesos e em seguida dá início ao tratamento.

Durante o tempo da sessão o tempo decorrido será mostrado no display sete segundos. Ao lado desse timer, também no display, será exibida a porcentagem de carga da bateria.

Ao término do tempo estabelecido serão emitidos dois bips, os LED's irão piscar e em seguida desligar.

3.2 Circuito Impresso (CI)

O desenvolvimento do projeto foi na LauchPad, MSP-EXP430G2, de fabricação pela Texas Instruments. Esses microcontroladores tem como principal diferencial a economia de energia, tendo em vista que o projeto se baseia no uso de bateria este é um requisito essencial para a implementação deste trabalho.

O consumo de energia da placa é de 230 μ A a 1MHz/2.2 V, o que é um ganho frente as demais plataformas de desenvolvimento. O sistema é robusto, pois permite integração com diversos periféricos o que é fundamental para o desenvolvimento de aplicações de engenharia.

Os MSP430 podem operar com tensões a partir de 1,8V até 3,6V, possui alta performance pois permite realizar tarefas complexas com um código pequeno e rápido e possui grande quantidade de periféricos internos que nos permite amplificar as funcionalidades do projeto assim que for necessário sem precisar procurar outras soluções para desenvolver o que se pretende.

3.3 Software de modelagem

O software de desenvolvimento de código de programação é o Energia, esta plataforma foi desenvolvida pela fabricante da LauchPad com o intuito de fornecer aos desenvolvedores uma ferramenta para implementar lógicas em seus microcontroladores.

A linguagem de código é baseada na linguagem C orientada a objetos, porém com particularidades acrescidas pelo próprio fabricante como, por exemplo, o modo de mapeamento dos pinos IO (entrada e saída), seleção de ciclos de clock, saídas tipo pullUP e pullDOWN.

A linguagem utilizada é similar às demais plataformas de desenvolvimento o que corrobora com o ideal das plataformas abertas de desenvolvimento, além da linguagem C ser altamente portátil, ou seja, os programas gerados em C para um chip podem ser facilmente adaptados a funcionar em outro chip.

O Energia inclui um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) onde o desenvolvedor utiliza ferramentas de suporte para implementar seu código de forma mais

ágil.

3.4 Montagem do Circuito

Para o projeto foi pensado em uma gama de componentes que atendessem aos requisitos de projeto do instrumento eletrônico fototerápico.

Foi escolhido o espectro amarelo, pois não existem grandes estudos dele na área medicinal, sendo como objetivo observar seus benefícios quando aplicado em áreas afetadas por feridas advindas da DM.

Foram encontrados exemplos da utilização da cor amarela para uma melhora da circulação sanguínea e linfática, para estimular a hidratação da pele e tendo uma ação de drenagem da pele.

Também utilizada no combate a flacidez estimulando o metabolismo do fibroblasto, responsável pela produção de colágeno, a cor amarela revitaliza células de colágeno mais antigas. Mas essas são algumas de suas aplicações voltadas para a estética. Será usado esse conhecimento para uma aplicação médica e mais a frente serão colhidos dados e informações sobre a sua aplicação em feridas em pés diabéticos.

Todas as entradas e saídas do projeto seguem lógica binária para os níveis alto e baixo de sinais. O tipo de rampa utilizada para o *clock* foi o *pullDOWN*.

O projeto contém dois botões, sem retenção de estado, para a implementação das lógicas de início e parada dos exames e da lógica de escolha do *setpoint* de tempo de exame. Estes botões possuem funcionalidades análoga à componentes do tipo *sourcing*, fornece tensão para um pino de entrada.

Entradas digitais que recebem tensão para a definição do estado lógico são do tipo *sinking*, isto é, precisam de uma saída que forneça tensão (*sourcing*) para a definição do seu nível lógico, como apresentado na Fig.(2).

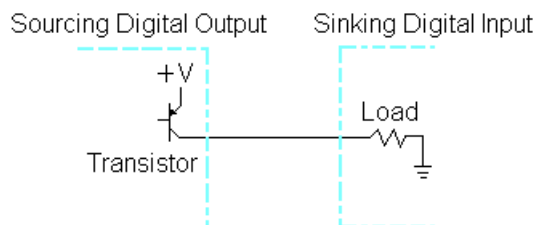


Figura 2 – Esquema de IO's *sinking* e *sourcing*

É análogo porque os botões deste projeto chaveiam a tensão de 5V, fornecida pelo próprio microcontrolador, para impetrar nível lógico alto nos pinos IO do microcontrolador.

O esquemático do circuito foi desenvolvido no software de modelagem proteus, na plataforma ISIS. E no mesmo software desenvolveu-se o layout da placa de circuito impresso utilizando a plataforma ARES.

O esquemático foi elaborado de forma a facilitar a produção do *layout*, tendo em vista que testes práticos já haviam sido feitos utilizando a *protoboard*. O esquemático implementado pode ser verificado na Fig.(3).

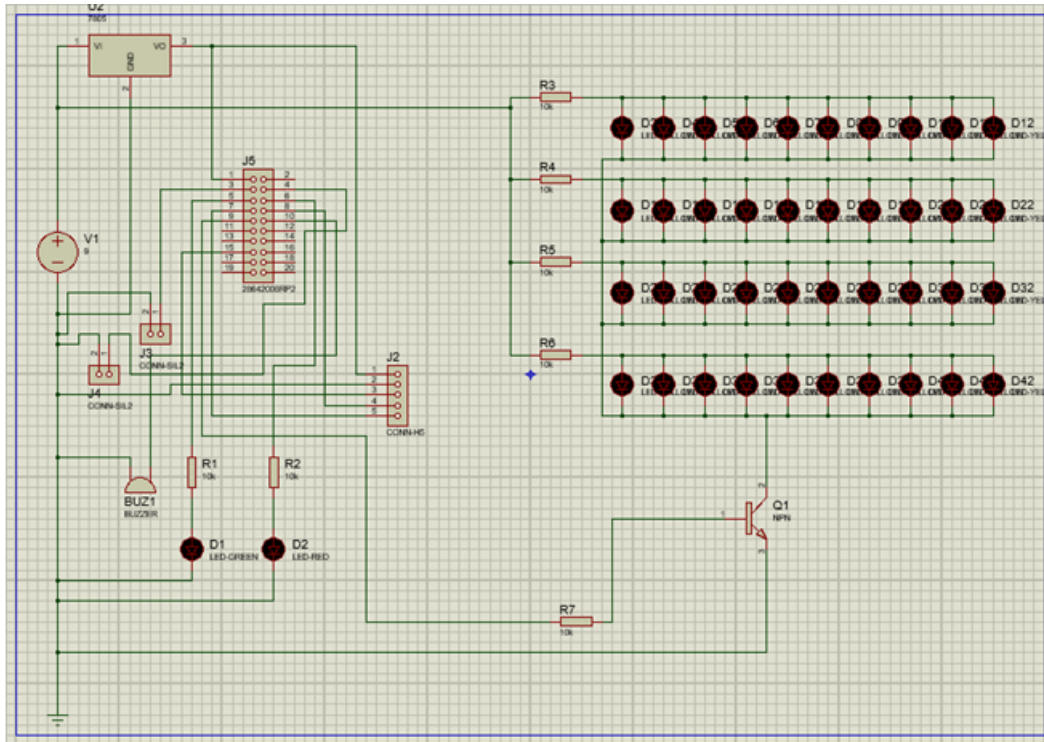


Figura 3 – Esquemático no proteus ISIS

O *layout*, produzido no ARES, foi feito de modo que simplificasse as conexões. Utilizando apenas um lado da placa para fazer as trilhas de alimentação e de sinal, podem-se evitar possíveis interferências e também diminuir custos de produção do equipamento, pois só será necessário preencher com cobre um lado da placa de circuito impresso. Na Fig.(4) temos a imagem do *layout* feito a partir do esquemático.

A próxima imagem corresponde ao *layout* modelado em 3D, representando uma simulação de como ficará a placa pronta.

A Tabela.(2) abaixo apresenta uma lista dos componentes e as respectivas quantidades empregadas no desenvolvimento do equipamento eletrônico.

Os conversores analógico-digital do MSP430 usam como referência interna a tensão de 2.5V, pois a regulação da tensão interna da LaunchPad converte 2.5V em 1.8V para o MSP que é tensão mínima de operação.

Para alimentar o circuito foi utilizado um conjunto de três pilhas AAA conectadas em série, promovendo uma tensão contínua de 4,5V. A placa regula essa tensão para apro-

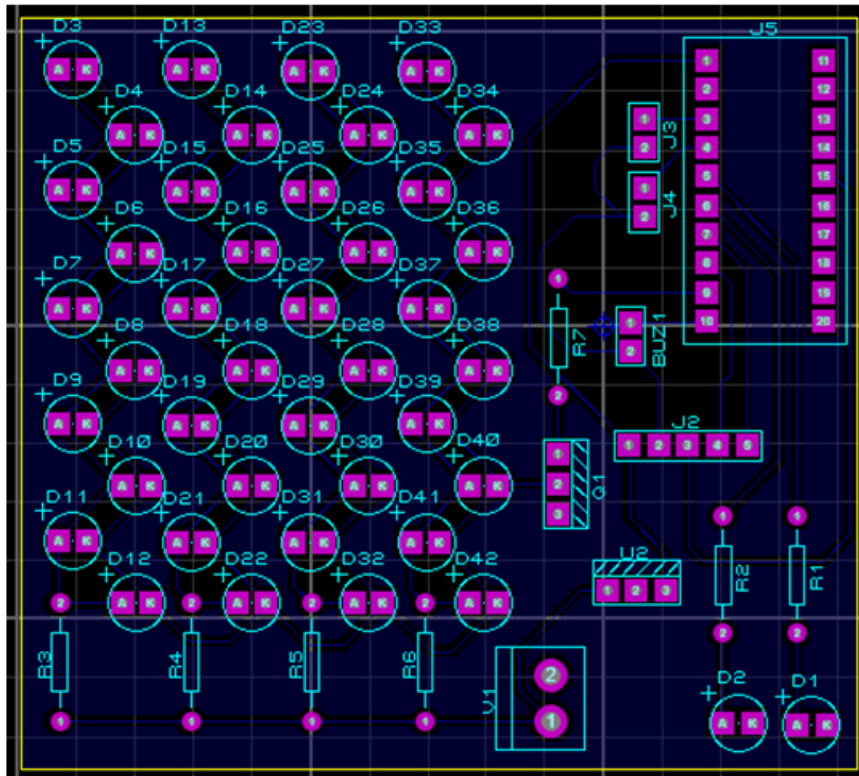


Figura 4 – Layout no proteus ARES.

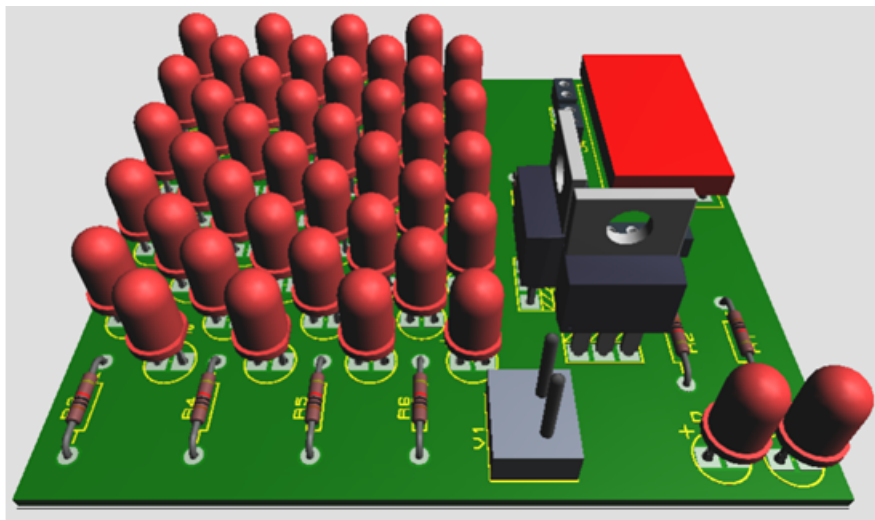


Figura 5 – Modelagem 3D da placa

ximadamente 3.6V, que é o valor necessário para a energização do chip microcontrolador que atua na faixa de operação de 1.8V a 3.6V.

Essa fonte externa também foi utilizada para garantir o funcionamento do display de 7 segmentos, pois o mesmo possui faixa de operação de 4.0V a 5.5V. Foi implementado uma lógica para a exibição da porcentagem da bateria para auxiliar o usuário durante o uso do equipamento.

Para tomar a medida da porcentagem de carga da bateria foi conectado o negativo

Tabela 2 – Componentes Utilizados

Quantidade	Item
01	Chip MSP430G2553
42	LED's
07	Resistores
02	Botões
01	Módulo Display 7 segmentos - 8 dígitos
01	Placa Circuito Impresso
03	Pilhas Alcalinas
01	Buzzer
01	Suporte para pilha
01	Transistor
01	Regulador de Tensão

da bateria junto ao negativo da placa LaunchPad, isto para garantir a mesma referência de tensão para todos os componentes. A Eq.(1) mostra o cálculo implementado em código para a obtenção da porcentagem de carga da bateria, onde o valor de 1800 que aparece dividindo na equação corresponde ao range em mV da operação.

$$\%Bateria = \frac{(ValorLido - 1800 * (100))}{1800} \quad (3.1)$$

3.5 Confecção da Placa de Circuito Impresso

A intensidade dos LED's será a mesma para todo o processo de cicatrização, dado que a alimentação mínima necessária para a placa do microcontrolador é de 2.5 V, o mesmo possui uma inteligência interna que regula sua tensão nos pinos de saída a uma tensão de no mínimo 3.3 V, sendo assim os LED's sempre manterão o mesmo nível de luminosidade enquanto o microcontrolador possuir a alimentação mínima necessária para o seu funcionamento.

O programa não tem função pause, toda vez que for necessário parar o processo, o usuário deverá inicializar novamente desde o início.

Quando o programa parar de funcionar o tempo será “resetado” e será possível “setar” o tempo novamente, caso o usuário queira utilizar o mesmo tempo da última vez, será necessário apenas utilizar o botão de início para começar o tratamento. Será adicionado um botão tipo *switch* para ligar e desligar o equipamento, o mesmo possui duas posições de acionamento.

4 Resultados

4.1 Modelagem Experimental

4.1.1 Testes em Laboratório

5 Considerações

Referências

- BARBOSA, F. de S. *MODELO DE IMPEDÂNCIA DE ORDEM FRACIONAL PARA A RESPOSTA INFLAMATÓRIA CUTÂNEA*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Citado na página 27.
- CHIBANTE, C. C. C.; FÁTIMA, F. H. E. santo; THAYANE, T. D. S. Perfil de clientes hospitalizados com lesões cutâneas. *Revista Cubana de Enfermería*, v. 31, n. 4, 2015. Citado na página 28.
- COLOPLAST, U. guia rápido da. Úlceras do pé diabético prevenção e tratamento. Citado na página 23.
- DUARTE, I.; BUENSE, R.; KOBATA, C. F. Anais brasileiro de dermatologia. *São Paulo*, v. 81, n. 1, p. 74–82, 2006. Citado na página 28.
- ISAAC, C. et al. Processo de cura das feridas: cicatrização fisiológica. *Revista de Medicina*, v. 89, n. 3-4, p. 125–131, 2010. Citado na página 28.
- MACEDO, Y. C. L. Proposta e análise de um circuito para neoformação tecidual. 2016. Citado 3 vezes nas páginas 24, 28 e 29.
- MEYER, P. F. et al. Avaliação dos efeitos do led na cicatrização de feridas cutâneas em ratos wistar. *Fisioterapia Brasil*, v. 11, n. 6, p. 428–432, 2010. Citado na página 24.
- MILECH, A. et al. Diretrizes da sociedade brasileira de diabetes (2015-2016). *São Paulo: AC Farmacêutica*, 2016. Citado na página 28.
- MINATEL, D. G. et al. Fototerapia (leds 660/890nm) no tratamento de úlceras de perna em pacientes diabéticos: estudo de caso. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, Sociedade Brasileira de Dermatologia, v. 84, n. 3, p. 279–283, 2009. Citado na página 24.
- MOREIRA, M. C. et al. *Utilização de conversores eletrônicos que alimentam LEDs de alto brilho na aplicação em tecido humano e sua interação terapêutica*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Maria, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.
- MOURA, R. O. et al. Efeitos da luz emitida por diodos (led) e dos compostos de quitosana na cicatrização de feridas revisão sistemática. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, v. 35, n. 4, 2015. Citado na página 23.
- PADILHA, A. P. et al. Manual de cuidados às pessoas com diabetes e pé diabético: Construção por scoping study. *Texto & Contexto Enfermagem*, Universidade Federal de Santa Catarina, v. 26, n. 4, p. 1–11, 2017. Citado na página 23.
- REIS, M. d. C. d. Sistema indutor de neoformação tecidual para pé diabético com circuito emissor de luz de leds e utilização do látex natural. 2014. Citado na página 24.

Anexos

ANEXO A – Primeiro Anexo

Texto do primeiro anexo.

ANEXO B – Segundo Anexo

Texto do segundo anexo.